

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Модели и методы волновой электродинамики Б1.В.ДВ.15

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Плещинский Н.Б.

**Рецензент(ы):**

Бахтиева Л.У.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Плещинский Н. Б.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 939517

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Плещинский Н.Б. Кафедра прикладной математики отделение прикладной математики и информатики , Nikolai.Pleshchinskii@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель курса - изучить основные принципы построения математических моделей процессов распространения и дифракции электромагнитных волн, методы исследования и алгоритмы численного решения граничных задач и интегральных уравнений математических моделей электродинамики.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.15 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.04 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина Б3.В.3 "Модели и методы волноводной электродинамики" относится к профессиональному циклу дисциплин, изучается на третьем курсе (6 семестр).

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные принципы построения и исследования математических моделей процессов электрической и магнитной природы;

2. должен уметь:

ориентироваться в современных методах решения граничных задач и интегральных уравнений математических моделей электродинамики;

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о подходах к моделированию физических процессов и анализе математических моделей;

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

навыки решения основных задач теории распространения и дифракции электромагнитных волн, включая разработку численных алгоритмов и их программную реализацию.

### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны	5	1-2	0	0	4	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Элементарные волны	5	3-4	0	0	4	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками	5	5-6	0	0	4	Письменная работа
4.	Тема 4. Распределения и преобразование Фурье	5	7-8	0	0	4	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости	5	9-10	0	0	4	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах	5	11-12	0	0	4	Контрольная точка
7.	Тема 7. Дифракция на периодической решетке	5	13-14	0	0	4	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Перегородка в плоском волноводе	5	15-16	0	0	4	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
9.	Тема 9. Разветвление плоского волновода	5	17	0	0	2	Письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Планарный диэлектрический волновод	5	18	0	0	2	Письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	Зачет
	Итого			0	0	36	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Система уравнений Максвелла. Элементы векторного анализа. Энергия электромагнитного поля. Условия сопряжения и граничные условия. Гармоническое поле. Метод комплексных амплитуд

### Тема 2. Элементарные волны

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Отражение и преломление. Плоские волны. Отражение и преломление волн. Цилиндрические волны. Рассеяние плоской волны на цилиндре из диэлектрика. Сферические волны

### Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Плоский волновод. Прямоугольный волновод. Цилиндрический волновод. Прямоугольный резонатор

### Тема 4. Распределения и преобразование Фурье

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Преобразование Фурье: L<sup>2</sup>-теория. Распределения (обобщенные функции). Преобразование Фурье: S'-теория

### Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Переопределенная задача Коши в полуплоскости. Условия на бесконечности. Сопряжение двух полуплоскостей

### Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Метод интегральных тождеств: параллельная поляризация. Метод интегральных тождеств: перпендикулярная поляризация. Метод задачи о скачке. Приближенное решение интегральных уравнений. Метод Галеркина. Задача Зоммерфельда

### Тема 7. Дифракция на периодической решетке

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Парное сумматорное уравнение. Интегральные уравнения с периодическими ядрами. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений. Условия разрешимости переопределенной граничной задачи. Интегральные уравнения второго рода

### Тема 8. Перегородка в плоском волноводе

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Переопределенные граничные задачи для уравнения Гельмгольца в полуполосе. Дифракция на вертикальной перегородке

### Тема 9. Разветвление плоского волновода

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Парные сумматорные уравнения. Метод прямого обращения и метод вычетов. Метод интегрально-сумматорных тождеств

### Тема 10. Планарный диэлектрический волновод

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Моды дискретного спектра. Моды непрерывного спектра. Обратная задача. Восстановление параметров волновода

## 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны	5	1-2	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
2.	Тема 2. Элементарные волны	5	3-4	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
3.	Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками	5	5-6	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
4.	Тема 4. Распределения и преобразование Фурье	5	7-8	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
5.	Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости	5	9-10	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах	5	11-12	подготовка к контрольной точке	4	контрольная точка
7.	Тема 7. Дифракция на периодической решетке	5	13-14	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
8.	Тема 8. Перегородка в плоском волноводе	5	15-16	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
9.	Тема 9. Разветвление плоского волновода	5	17	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
10.	Тема 10. Планарный диэлектрический волновод	5	18	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				36	

## **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Электромагнитное поле. Электромагнитные волны**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Система уравнений Максвелла. Элементы векторного анализа. Энергия электромагнитного поля. Условия сопряжения и граничные условия. Гармоническое поле. Метод комплексных амплитуд.

### **Тема 2. Элементарные волны**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Плоские волны. Отражение и преломление волн. Цилиндрические волны. Рассеяние плоской волны на цилиндре из диэлектрика. Сферические волны.

### **Тема 3. Волноводы и резонаторы с металлическими стенками**

контрольная работа , примерные вопросы:

Проверка знаний по темам: Плоский волновод. Прямоугольный волновод. Цилиндрический волновод. Прямоугольный резонатор.

### **Тема 4. Распределения и преобразование Фурье**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Распределения (обобщенные функции). Преобразование Фурье: S'-теория. Преобразование Фурье: L2-теория.

### **Тема 5. Уравнение Гельмгольца в полуплоскости**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Переопределенная задача Коши в полуплоскости. Условия на бесконечности. Сопряжения двух полуплоскостей.

### **Тема 6. Дифракция электромагнитных волн на металлических лентах**

контрольная точка , примерные вопросы:

Проверка знаний по темам: Метод интегральных тождеств: параллельная поляризация. Метод интегральных тождеств: перпендикулярная поляризация. Метод задачи о скачке. Приближенное решение интегральных уравнений. Метод Галеркина. Задача Зоммерфельда.

### **Тема 7. Дифракция на периодической решетке**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Парное сумматорное уравнение. Интегральные уравнения с периодическими ядрами. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений. Условия разрешимости переопределенной граничной задачи. Интегральные уравнения второго рода.

### **Тема 8. Перегородка в плоском волноводе**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Переопределенные граничные задачи для уравнения Гельмгольца в полуполосе. Дифракция на вертикальной перегородке.

### **Тема 9. Разветвление плоского волновода**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучение литературы и выполнение упражнений по темам: Парные сумматорные уравнения. Метод прямого обращения и метод вычетов. Метод интегрально-сумматорных тождеств.

## **Тема 10. Планарный диэлектрический волновод**

контрольная работа , примерные вопросы:

Проверка знаний по темам: Моды дискретного спектра. Моды непрерывного спектра. Обратная задача. Восстановление параметров волновода.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Предусмотрена сдача экзамена.

Вопросы к экзамену:

1. Система уравнений Максвелла.
2. Энергетические характеристики электромагнитного поля.
3. Граничные условия и условия сопряжения.
4. Метод комплексных амплитуд.
5. Плоские электромагнитные волны.
6. Отражение и преломление плоских волн от плоской границы раздела сред.
7. Цилиндрические волны.
8. Рассеяние плоской волны на цилиндре из диэлектрика.
9. Сферические волны.
10. Плоский волновод с металлическими стенками.
11. Прямоугольный волновод.
12. Цилиндрический волновод.
13. Прямоугольный резонатор.
14. Преобразование Фурье: L2-теория.
15. Распределения (обобщенные функции).
16. Преобразование Фурье: S'-теория.
17. Переопределенная задача Коши для уравнения Гельмгольца в 18. полуплоскости.
18. Условия на бесконечности для уравнения Гельмгольца в полуплоскости.
19. Сопряжения двух полуплоскостей. Задача о скачке.
20. Дифракция на металлических лентах. Метод интегральных тождеств.
21. Метод задачи о скачке.
22. Приближенное решение интегральных уравнений методом Галеркина.
23. Полиномы Чебышева и их свойства.
24. Дифракция электромагнитной волны на периодической решетке.
25. Интегральные уравнения с периодическими ядрами.
26. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений.
27. Условия разрешимости переопределенной периодической задачи.
28. Интегральные уравнения задачи дифракции на периодической решетке.
29. Переопределенные граничные задачи для уравнения Гельмгольца в полуполосе.
30. Дифракция электромагнитной волны на перегородке в волноводе.
31. Задача о разветвлении плоского волновода: парное сумматорное уравнение.
32. Задача о разветвлении плоского волновода: метод прямого обращения.
33. Задача о разветвлении плоского волновода: метод вычетов.
34. Метод интегрально-сумматорных тождеств.
35. Моды дискретного спектра планарного волновода.
36. Моды непрерывного спектра планарного волновода.
37. Задача о восстановлении параметров планарного волновода.



### 7.1. Основная литература:

1. Астапенко В.А. Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы: [учебное пособие] / В. А. Астапенко. - Долгопрудный: Интеллект, 2012. - 583 с.
2. Кураев А. А. Электродинамика и распространение радиоволн: Учебное пособие / А.А. Кураев, Т.Л. Попкова, А.К. Сеницын. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. знание, 2013. - 424 с.  
<http://znanium.com/go.php?id=367972>
3. Будагян И. Ф. Электродинамика: Учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с.  
<http://znanium.com/go.php?id=391337>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Плещинский Н.Б. Модели и методы волноводной электродинамики: учебное пособие. - Казань: Казан. гос. ун-т, 2008. - 104 с.
2. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика / А. Н. Васильев. Краткий курс лекций: учеб. пособие. - 2-е изд., стереотипное. - СПб.: БХВ-Петербург, 2010. - 276 с.  
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350602>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Классическая электродинамика - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350602>

Сайт ПНБ - <http://www.abcpnb.ru>

Электродинамика -

[http://www.dissland.com/catalog/elektrodinamicheskie\\_modeli\\_slozhnih\\_elektrofizicheskikh\\_ob\\_ektov\\_i\\_effekty](http://www.dissland.com/catalog/elektrodinamicheskie_modeli_slozhnih_elektrofizicheskikh_ob_ektov_i_effekty)

Электродинамика и распространение радиоволн - <http://znanium.com/go.php?id=367972>

Электродинамика: учебное пособие - <http://znanium.com/go.php?id=391337>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Модели и методы волновой электродинамики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Лекции и лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом (маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки Математическое моделирование .

Автор(ы):

Плещинский Н.Б. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Бахтиева Л.У. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.